

⑲ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3026685 A1**

⑤① Int. Cl. 3:
F16H55/17

⑳ Aktenzeichen: P 30 26 685.4
㉔ Anmeldetag: 15. 7. 80
㉕ Offenlegungstag: 11. 2. 82

㉑ Anmelder:
Koller, Rudolf, Prof.Dr.-Ing., 5100 Aachen, DE

㉒ Erfinder:
gleich Anmelder

⑤⑥ Recherchenergebnis gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG:

DE-PS	9 25 262
DE-PS	8 58 342
DE-PS	8 48 126
DE-PS	8 21 450
DE-PS	5 24 516
DE-PS	1 91 570
DE-OS	23 21 576
DE-OS	18 04 631
DE-OS	15 75 579
GB	2 56 254
US	39 99 445
US	18 62 867

⑤④ Zahnrad

DE 3026685 A1

DE 3026685 A1

ORIGINAL INSPECTED

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Zahnrad, dessen Profile mit Stanzwerkzeugen aus einer Blechplatte gestanzt sind,
dadurch gekennzeichnet, daß mehrere solcher ausgestanzter lamellen- oder blattförmiger Zahnradeinheiten (1,1'), welche im Zuge des Ausstanzens eine Zentralausnehmung (4,20) sowie eine Anzahl rings um diese angeordneter Verbindungsausnehmungen (5,26,27) erhalten haben, sandwichartig aufeinander aufgestapelt und mittels sich etwa parallel zur Achse der Zentralausnehmung (4) erstreckender Verbindungselemente (5, 12) zu einem Gesamtzahnrad beliebiger Stärke zusammengefaßt sind.
2. Zahnrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die blattförmigen Zahnradeinheiten (1) mittels Niete (8) zu einem Gesamtzahnrad beliebiger Stärke zusammengefaßt sind, indem die Niete (8) durch in den blattförmigen Zahnradeinheiten ausgestanzte, axial ausgerichtete, dem Nietquerschnitt genau entsprechende Nietbohrungen (5) durchgesteckt sind.
3. Zahnrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die das Gesamtzahnrad bildenden blattförmigen Zahnradeinheiten (1) mittels Punktschweißens aneinander befestigt sind.

4. Zahnrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jede blattförmige Zahnradeinheit (1) mehrere rund um die Zentralbohrung (4) ausgestanzte Ausnehmungen (6) größeren Querschnitts aufweist, in welche nach Zusammenstapeln des Gesamtzahnrad eine Kunststoffeinfüllung (12) eingepreßt wird, bis sich an jeder Seite des Gesamtzahnrad je einen die Ausnehmungen (6) übergreifenden Kunststoffkragen (13) gebildet hat.
5. Zahnrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen je zwei im Stapel aufeinanderfolgenden Metallzahnradeinheiten (1) jeweils eine Zahnradeinheit (1') aus Kunststoff eingeordnet ist.
6. Zahnrad nach Ansprüchen 1 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnradeinheiten (101, 101') im Bereich der Zähne kelchförmig auskragen.
7. Zahnrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß unmittelbar auf die das Gesamtzahnrad (102, 102') tragende Welle (9) eine besondere Kraftübertragungsbuchse (24) aus Metall aufgesteckt ist, welche einen für die Kraftübertragung geeigneten unrunder Querschnitt aufweist und in den Hohlraum einer mit einem entsprechend gestalteten Querschnitt versehene, an mindestens einer Seite einer Kunststoffzahnradeinheit (102') ausgebildete Zentralhülse (22) hineinpaßt, während die Metallzahnradblätter (102) des Gesamtzahnrad (102, 102') mit je einer Zentralausnehmung (21) ausgerüstet sind,

deren Querschnitt dem Außenquerschnitt der Kunststoffzentralhülse (22) entspricht, so daß das Gesamtzahnrad in seiner Gesamtheit aus mehreren mit Zentralhülsen (22) versehenen Kunststoffzahnradeneinheiten (102') und mehreren auf deren Zentralhülsen (22) aufgesteckten Metallzahnradblättern (102) zusammengesetzt ist.

8. Zahnrad nach Ansprüchen 1 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnradwelle (9) selbst einen zur Kraftübertragung geeigneten unrunder Querschnitt aufweist und unmittelbar in den Hohlraum der an mindestens einer Seite einer Kunststoffzahnradeneinheit (102') ausgebildeten Zentralhülse (22) hineinpaßt.
9. Zahnrad nach Ansprüchen 1, 4 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Zahnrad aus Metall-Zahnradblättern (103) mit für die Kraftübertragung geeigneten unrunder Zentralausnehmungen (21) und rings um diese angeordneten weiteren Verbindungsausnehmungen (26,27) sowie aus zwischen je zwei der Metall-Zahnradblätter (103) angeordneten schmalen ringförmigen Zahnradblättern (103') zusammengesetzt ist, wobei die in diesem Gebilde entstandenen Hohlräume bis auf den Umfang der Metall-Kraftübertragungsbuchse (24) mit einer Kunststoffmasse (12) ausgefüllt ist.
10. Zahnrad nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die rund um die Zentralbohrung (4) angeordneten, die Befestigungsnielen (8) aufnehmenden Nietbohrungen (5) an jeder blattförmigen Zahnradeneinheit (1,1') gegenüber den Zahnprofilen (3) der Zähne (2) um eine kurze

Strecke im Verhältnis zu den Befestigungsausnehmungen (5) der im Stapel jeweils nächst folgenden blattförmigen Zahnradereinheit verschoben ist, indem die Verschiebung des Mittelpunktes einer jeden Befestigungsausnehmung (5) auf einer Kreislinie erfolgt, der von den Mittelpunkten sämtlicher Befestigungsausnehmungen (5) gebildet ist.

Für den Anmelder:


Holger Arentoft
Patentanwalt

HOLGER ARENTOFT
PATENTANWALT

- 5 -

5461 Kasbach-Ohlenberg 2. Juli 1980
b. Linz am Rhein
Gartenstraße 18
Tel. Linz 2612, Vorwahl 02644

3026685

Anmelder : o.Prof.Dr.-Ing. Rud.Koller
Aachen

GP 446

Z a h n r a d

Die Erfindung betrifft eine neue Gestaltung von Zahnrädern. Bisher wurden Präzisionszahnräder überwiegend in spanabhebender Fertigung - Fräsen, Räumen, Schleifen usw. - aus Metallblöcken hergestellt. Eine präzise Kraftübertragung mit geringem Verschleiß und mäßiger Wärmeentwicklung erfordert vom Zahnrad eine entsprechend präzise Ausbildung der Zahnflanken; ein Präzisionszahnrad, das diese Forderungen erfüllen soll, ist daher in der Herstellung sehr teuer. Gegossene Zahnräder, z.B. aus Gußstahl oder Bronze, die nicht spanabhebend nachgearbeitet worden sind, genügen im Allgemeinen den heutigen Ansprüchen nicht.

Die am meisten benutzten Zahnräder, die Evolventenzahnräder, lassen sich vollautomatisch erstellen. Aber selbst in vollautomatischer Fertigung ist ein Zahnrad sehr teuer, weil die erforderlichen Verzahnungsmaschinen aufwendig sind, und weil jedes Zahnrad auch in einem Verzahnungsautomaten ein Einzelstück bleibt. Anspruchsvollere Zahnradprofile wie z.B. in Kreisbogenverzahnungen, die gegenüber der Evolventenverzahnungen eine bis viermal höhere Übertragungsfähigkeit und erheblich günstigere Pressungsverhältnisse aufweisen, lassen sich nur in mehreren Fertigungsgängen erstellen; wegen der Kosten wird oft auf die Verwendung solcher Zahnradprofile verzichtet.

- Seite 2 -

130066/0152

Bankkonto: 53322 Stadtparkasse Linz am Rhein (BLZ 57451410)

Präzise gestaltete Zahnradprofile erzeugen weniger Lärm in den Zahnradgetrieben als weniger genaue Profile. Die Getriebegeräusche entstehen nämlich hauptsächlich infolge geometrischer Fehler, insbesondere Flankenformfehler und Teilungsfehler, welche während des Betriebes Zahneingriffstöße veranlassen.

Eine häufige Ursache der Lärmerzeugung sind Deformationsfehler, die nach und nach durch die ständige und meist einseitige Belastung der Zähne zustande kommen. Wegen der hohen Kosten neuer Zahnräder erfolgt der fällige Austausch der deformierten Zahnräder erst dann, wenn es absolut nicht mehr weiter geht.

Zum Thema Geräuschkämpfung ist es bekannt, Kunststoffzahnrad zu verwenden, die mit guter Genauigkeit im Spritzgußverfahren kostengünstig herstellbar sind (obwohl die Hersteller die verfahrensbedingte Schrumpfung nie ganz in Griff bekommen). Die Geräuscentwicklung an Kunststoffzahnradern ist naturgemäß geringer als an Metallzahnradern, aber wegen der Statik der einzelnen Zähne sind Kunststoffzahnrad nur in der Lage, begrenzte Drehmomente zu übertragen, deren Größe von der Statik der Basis eines einzigen Zahnes abhängt, da die Kraftübertragung in einem Zahnradgetriebe stets zwischen jeweils nur zwei im Eingriff befindlichen Zähnen erfolgt. Bestrebungen, Kunststoffzahnrad mit Metallverstärkungen auszurüsten, brachten keinen Erfolg, da eine Metallverstärkung in der Zahnbasis die statische Schwäche des Kunststoffes nicht beseitigt. Der Zahn bricht zwar nicht so leicht ab, aber bei Belastung wird seine Flanke in kurzer Zeit deformiert. Außer im spanabhebenden Verfahren und im Gußverfahren werden Zahnrad insbesondere

in der Uhrenindustrie und in der Spielwarenindustrie aus Blechen ausgestanzt. Die modernen Feinstanzverfahren (nach DIN 8588 "Feinschneidverfahren") machen es möglich, bei dünnen Blechen (etwa 1 mm) Toleranzen an den Schnittkanten um 50μ zu erreichen. Die Uhrenindustrie schneidet heute ihre Präzisionszahnräder in Feinstanzverfahren ohne jede Nachbearbeitung. Allerdings sind solche aus dünnen Blechen ausgestanzte Zahnräder nicht in der Lage, nennenswerte Drehmomente zu übertragen.

Die vorliegende Erfindung hat zum Ziel, auf der Grundlage des oben beschriebenen Standes der Technik ein Zahnrad zu schaffen, das trotz hoher Präzision einfach und kostengünstig ist und eine automatische Fertigung erlaubt. Weiterhin soll das erfindungsgemäße Zahnrad imstande sein, ebenso große Drehmomente zu übertragen wie ein vergleichbares herkömmliches Zahnrad aus gleichem Werkstoff. Schließlich soll das Zahnrad geräuscharm sein.

Diese Erfindungsziele werden dadurch erreicht, daß mehrere im Feinschneidverfahren aus Metallblech ausgestanzte lamellen- oder blattförmige Zahnradprofile, welche im Zuge des Ausstanzens je eine Zentralausnehmung sowie eine Anzahl rings um diese angeordneter Verbindungsausnehmungen erhalten haben, sandwichartig aufeinander aufgestapelt und mittels etwa parallel zur Achse der Zentralausnehmung verlaufender Verbindungselemente zu einem einheitlichen Zahnrad beliebiger Stärke zusammengefaßt sind. Als Verbindungselemente kommen vor allem Niete in Frage, auch können die blattförmigen Zahnradprofile durch eine Kunststoffumspritzung etwa in

Outsert-Technik miteinander verbunden werden. Schließlich kann die Verbindung durch Punktschweißen erfolgen. Überraschenderweise hat es sich herausgestellt, daß das aus einer Vielzahl dünner Zahnradprofilblätter zusammengesetzte erfindungsgemäße Zahnrad nicht nur genau so hoch belastbar ist wie ein vergleichbares herkömmliches kompaktes Zahnrad, sondern daß es im Eingriff mit anderen erfindungsgemäßen Zahnradpaketen merkbar geräuschermer läuft, indem der Schall beim Übergang von Zahnradblatt zu Zahnradblatt erheblich gehemmt wird. Die Schallschwingungen im Zahnradpaket sind inhomogen und wirken zum Teil gegeneinander. Dieser Vorteil der Schalldämpfung, der im Lichte des heutigen Bestrebens, Lärm am Arbeitsplatz zu bekämpfen, von maßgeblicher Bedeutung ist, kann im Rahmen der neuen Möglichkeiten, die der besondere Aufbau des erfindungsgemäßen Zahnrades bietet, weiter ausgebaut werden, indem man zwischen je zwei Metall-Zahnradprofilen ein Kunststoffblatt oder Kunststoffolie mit dem gleichen Profil einordnet.

Damit auch bei längsaxialen Verschiebungen stets Metallzähne auf Metallzähnen aufliegen, wird in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung die blattförmigen Zahnradeinheiten im Bereich der Zähne kelchförmig ausgekragt, so daß die Längsachse eines jeden Zahns einen spitzen Winkel mit der Ebene des übrigen Zahnradblattes bildet.

Wie schon vorhin gesagt, wird der in einem Zahnradgetriebe entstehende Lärm vorrangig in dem Bereich des Zahneingriffes erzeugt und durch die Zahnradkörper auf die Zahnradwelle, deren Lagerungen und den Unterbau übertragen, die als Resonanzboden wirken und den Lärm ent-

3026685

sprechend verstärken. Um den Lärm zu mindern, gilt es, die durchgehende Metallberührung zu unterbrechen und schalldämmende Zwischenlagen, z.B. aus Kunststoff, zwischen dem Lärmerzeugungsbereich und dem von den übrigen Maschinenelementen gebildeten Resonanzbereich einzuschalten.

Auch hier bietet der besondere Schichtaufbau des erfindungsgemäßen Zahnrades konstruktive Möglichkeiten, die bisher nicht denkbar waren. Beispielsweise kann unmittelbar auf die Zahnradwelle eine Kraftübertragungshülse aufgesteckt sein, welche einen unrunder, etwa in der Hauptsache viereckigen Querschnitt aufweist und in den Hohlraum einer mit einem entsprechend gestalteten Innenquerschnitt und einem ähnlichen, aber größeren Außenquerschnitt versehenen, an der einen oder an beiden Seiten eines Kunststoff-Zahnradblattes ausgebildeten Zentralhülse hineinpaßt. Die Metall-Zahnradblätter weisen je eine Zentralausnehmung auf, die mit geringer Toleranz auf die Hülse des Kunststoff-Zahnradblattes aufsteckbar ist. Das Zahnradpaket besteht folglich aus einer Anzahl Metall-Zahnradblätter, die auf die Hülsen von einem oder mehreren Kunststoff-Zahnradblättern aufgesteckt sind; die Drehbewegung der Zahnradwelle wird auf die Metall-Kraftübertragungshülse übertragen, die sie an die Kunststoffhülsen der Kunststoff-Zahnradblätter weitergibt. Die Zahnradblätter sind durch Nieten fest miteinander verbunden. Eine Metallberührung zwischen dem Lärmerzeugungsbereich und den übrigen Maschinenbereichen ist ausgeschlossen.

Eine ähnlich konsequente Trennung kann dadurch erzielt werden, daß das Zahnradpaket aus Metall-Zahnradblättern mit der soeben beschriebenen unrunder Zentralausnehmung sowie mit einer Reihe rund um diese angeordneter wei-

terer Ausnehmungen, und aus zwischen je zwei dieser Metall-Zahnradblätter angeordneten schmalen ringförmigen Kunststoff-Zahnradblättern zusammengesetzt ist, wobei die in diesem Gebilde entstandenen Hohlräume bis auf den Umfang der vorhin beschriebenen zentralen Metall-Kraftübertragungshülse mit Kunststoffmasse ausgefüllt sind.

Im Gegensatz zu bekannten Bestrebungen, Kunststoffzahnräder mit Metalleinlagen zu verstärken, sind die mit Kunststoffzwischenlagen versehenen erfindungsgemäßen Zahnradpakete vorrangig Metallzahnräder, an welchen die metallischen Verzahnungsteile die Metallverstärkung bilden. Die Statik der lärmarmen Zahnräder gemäß der Erfindung ist daher mit der Statik eines vergleichbaren massiven Metallzahnrad vergleichbar, zumal die Breite des erfindungsgemäßen Zahnradpakets von Fall zu Fall den zu übertragenden Kräften entsprechend festgesetzt werden kann, und die Herstellungskosten eines breiteren Zahnrades nur unwesentlich höher sind als ein schmäleres.

In bezug auf Kunststoff als Werkstoff für Maschinenelemente soll daran erinnert werden, daß alle Kunststoffe bei Temperaturen über 80° - 120° (je nach Kunststoffart) anfangen zu plastifizieren. Selbst hochwertige Kunststoffe, wie z.B. Polyamid und Polyoxymethylen, die längst ihren festen Platz in der Technologie des Maschinenbaues besitzen, können nur dort verwendet werden, wo die Arbeitstemperaturen die genannten Grenzen nicht übersteigen. Die in den technischen Tabellen angegebenen "Erweichungsgrenzen" (PA 145° , POM 171°) sind insoweit irreführend.

Mit den Mitteln der Erfindung ist in überraschend einfacher Weise die Erstellung von Schräg- und Pfeilzahnradern u.ä. jedes Profils möglich. Zu diesem Zweck braucht man nur die auf einem Kreis rund um die Zentralausnehmung der Zahnradblätter angeordneten Nietbohrungen Zahnradblatt für Zahnradblatt jeweils um eine geringe Strecke im Verhältnis zu den Zahnprofilen zu verschieben. Beim Stapeln der Zahnradblätter zu einem Zahnradpaket ergibt sich dann zwangsläufig ein Schrägzahnrad. In gleicher Weise können Pfeilzahnräder, Schraubenzahnräder usw. hoher Präzision kostengünstig erstellt werden.

Anhand der Figuren wird in der Folge einige Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt und erläutert.
Es zeigen :

- Figur 1 eine aus einer Blechplatte ausgestanzte blattförmige Zahnradereinheit in einer Draufsicht,
- Figur 2 ein aus aufeinandergestapelten blattförmigen Zahnradblättern Fig. 1 zusammengesetztes Zahnradpaket, in einem Schnitt X - X gesehen und mit Nieten zusammengehalten,
- Figur 3 ein aus aufeinandergestapelten blattförmigen Zahnradblättern zusammengesetztes Zahnradpaket in einem Schnitt X - X, wie Fig. 2, wobei jedoch zwischen je zwei Metall-Zahnradblättern je ein dünneres Zahnradblatt aus Kunststoff angeordnet ist,

- Figur 4 ein aus aufeinandergestapelten Zahnradblättern zusammengesetztes und auf eine Welle aufgestecktes Zahnradpaket in einem Schnitt X - X, wie Fig. 2, jedoch mittels Kunststofffüllungen größeren Querschnitts zusammengehalten,
- Figur 5 eine Vorrichtung zum zentrierten Aufbau eines Zahnradpakets aus einer Vielzahl von blattförmigen Zahnradblättern, welche an Nietleitnadeln zentriert werden, auf die Hohnieten aufgesteckt sind, schematisch und in einer Seitenansicht; die mit Strichlinien angedeuteten Umrisse zeigen oben eine Nietenpresse und unten einen für ein Punktschweißen bestimmten Zentrierblock an (beim Punktschweißen entfallen die Nietleitnadeln),
- Figur 6 die Vorrichtung Fig. 5 in einer Draufsicht, (ist die Vorrichtung für das Punktschweißen der Zahnradblätter gedacht, entfallen die Nietleitnadeln),
- Figur 7 ein im Verzahnungsbereich kelchförmig gestaltetes Zahnradblatt in einer Seitenansicht,
- Figur 8 ein aus kelchförmigen Zahnradblättern Figur 7 bestehendes und auf eine Welle aufgestecktes Zahnradpaket, das abwechselnd aus Metall-Zahnradblättern und Kunststoff-

Zahnradblättern zusammengesetzt und an welchem ein entgegengesetzt eingreifendes Zahnradpaket Fig. 9, gestrichelt angedeutet ist,

- Figur 9 ein dem Zahnradpaket Fig. 8 zugeordnetes Gegenzahnradpaket, an welchem der Eingriff des Zahnradpakets Fig. 8 gestrichelt angedeutet ist,
- Figur 10 ein Zahnradblatt aus Metall, mit einer besonderen, in der Hauptsache viereckig ausgebildeten Zentralausnehmung, in einer Draufsicht,
- Figur 11 ein Zahnradblatt aus Kunststoff, an welchem beidseitig eine Zentralhülse ausgebildet ist, deren Außenquerschnitt dem Querschnitt der auf Fig. 10 dargestellten Zentralausnehmung entspricht und eine gleich gestaltete, aber kleinere Ausnehmung aufweist,
- Figur 12 links im Bild zwei Metall-Zahnradblätter Fig. 10, in der Mitte ein Kunststoff-Zahnradpaket Fig. 11, danach eine Befestigungshülse aus Metall und schließlich die Zahnradwelle, alles in einer Seitenansicht,
- Figur 13 die Metall-Befestigungshülse Fig. 11 in einer Frontansicht,

- Figur 14 die auf Figur 12 dargestellten Einzel-
elemente, zu einem Zahnradpaket zusammen-
gesteckt und vernietet, in einem Schnitt
X - X der Fig. 13 und 14,
- Figur 15 ein Zahnradblatt aus Metall, mit einer in
der Hauptsache viereckigen Zentralausneh-
mung und mit mehreren um diese herum an-
geordneten kreisrunden Ausnehmungen, in
einer Draufsicht,
- Figur 16 ein ringförmiges Zahnradblatt aus Kunst-
stoff, in einer Draufsicht,
- Figur 17 die Zahnradblätter Fig. 15 und 16, wechsel-
weise auf eine Zahnradwelle derart aufge-
steckt, daß die beiden äußeren Blätter
Metallblätter sind, wonach die Ausnehmungen
bis auf den auf Fig. 15 gestrichelt ange-
deuteten Umfang mit Kunststoff aufgefüllt
sind, in einem Schnitt Y (oben) bzw. in
einem Schnitt Z (unten),
- Figur 18 ein Werkzeug zur Zentrierung des Zahnrad-
pakets Fig. 17 und Einfüllung des den Zahn-
radblättern Figuren 15 und 16 verbindenden
Kunststoff (der Druckkopf mit den Extruder-
düsen ist oben gestrichelt angedeutet) in
einer Seitenansicht und teilweise im Schnitt,
- Figur 19 das Werkzeug Fig. 18 in einer Draufsicht,
wobei die kreisförmigen Ausnehmungen am

Bodenteil der Ausbildung von Halteköpfen dienen, welche seitlich über die Ausnehmungen Fig.15 herausragen,

Figur 20 ein Paket aufeinandergestapelter Zahnradblätter, bei welchem die Nietbohrungen von Blatt zu Blatt um einen vorgegebenen geringen Wert gegenüber den Zähnen verschoben sind, und die Zähne des Zahnradpakets daher entsprechend schräggestellt erscheinen, in einer Draufsicht. (Teilansicht),

Figur 21 eine Abwicklung des halben Umfangs des Zahnradpakets Fig. 20, in einer Draufsicht

und

Figur 22 einen Ausschnitt der Fig. 21 (vergrößert), die von den gegenüber einander verschobenen Zähnen der einzelnen Zahnradblätter gebildeten Stufen zeigend.

Die auf den Figuren aufgeführten Bezugsziffern zeigen an :

- 1 ein ausgestanztes Zahnradblatt aus Stahl
- 1' ein gleiches Zahnradblatt aus Kunststoff
- 101 ein aus Stahlblech ausgestanztes Zahnradblatt wie Fig.1, jedoch mit kelchförmig ausgebo- genen Zähnen (Fig.7)

- Seite 12 -

- 101' ein Kunststoff-Zahnradblatt, wie 101 gestaltet,
- 102 ein Zahnradblatt aus Stahl, mit einer besonderen Zentralausnehmung (Fig.10)
- 102' ein Kunststoffzahnradblatt, an dessen Flanken eine hülsenförmige Nabe ausgebildet ist (Fig.11)
- 103 ein Zahnradblatt aus Stahl, wie 102, jedoch mit größeren Rundum-Ausnehmungen
- 103' ein ringförmiges Zahnradblatt aus Kunststoff
 - 2 Zähne eines Zahnradblattes 1,1',101,101' u.s.w.
 - 3 Zahnflankenprofil, gleich fertig ausgestanzt
 - 4 die Zentralbohrung (Zentralausnehmung) eines Zahnradblattes 1,1'
 - 5 Nietbohrungen am Zahnradblatt 1,1',101,101',102,102'
 - 6 Ausnehmungen am Zahnradblatt 1,1',103,103'
 - 7 Paßfedernuten an der Zentralbohrung 4
 - 8 Nieten zum Zusammenhalten des Zahnradpakets
 - 9 Zahnradwelle
 - 10 Paßfeder zwischen Zahnradpaket und Zahnradwelle
 - 11 Bund (Nabe)
 - 12 Kunststoffeinfüllung
 - 13 Haltekragen an der Kunststoffeinfüllung
 - 14 Zentrierdorn der Vernietungs- bzw. Punktschweißvorrichtung (Fig.5) bzw. Gußformdorn (Fig.18)
 - 15 Nietleitdorne der Vernietungsvorrichtung
 - 16 tellerförmige Ausnehmungen in der Grundplatte der Vernietungsvorrichtung, zur Aufnahme der Nietköpfe

- 17 Grundplatte der Vernietungs- bzw. Punktschweißvorrichtung
- 18 Preßlufthammer bzw. Schweißkopf
- 19 Hammerköpfe bzw. Schweißelektroden
- 20 Zentrierblock
- 21 Zentralausnehmung (Befestigungsausnehmung) des Zahnradblatts 102 (Fig. 10)
- 22 Zentralhülse (Befestigungshülse) des Zahnradblatts 102' (Fig. 11)
- 23 Ausnehmung der Befestigungshülse 22
- 24 Befestigungsbuchse aus Stahl
- 25 Zentralbohrung der Stahlbuchse 24
- 26,27 kreisförmig um die Zentralausnehmung 21 des Zahnradblatts 103 angeordnete Ausnehmungen
- 28 Grundplatte des Spritzwerkzeugs Fig. 18 und 19
- 29,30 tellerförmige Ausnehmungen in der Grundplatte 28
- 31 Entlüftungsbohrungen in der Grundplatte 28
- 32 Extruderteil des Spritzwerkzeugs Fig. 18
- 33,34 matrizenähnliche Ausnehmungen im Extruderteil 32
- 35,36 Extruderdüsen im Extruderteil 32

Das Zahnradblatt 1 (Fig. 1) weist eine Anzahl von Zähnen 2, eine mit Paßfedernuten 3 versehene Zentralbohrung 4, sechs Nietbohrungen 5 und sechs Ausnehmungen 6 zur Gewichtsverminderung auf. Die Zähne, die Zentralbohrung

mit Paßfedernuten 7, die Nietbohrungen und die Ausnehmungen zur Gewichtsverminderung sind sämtlich in einem Feinstanzverfahren aus einem Stahlblech ausgestanzt worden. Stahlbleche von 1 mm Stärke können bei Toleranzen um 50 μ und sogar darunter ausgestanzt werden, bei größeren Toleranzen bis etwa 4 mm Blechstärke, das allerdings ein häufigeres Auswechseln des Schneidwerkzeugs voraussetzt. In gleicher Weise können auch Zahnradblätter aus anderen Werkstoffen gefertigt werden, z.B. aus Aluminiumblech, aus Bronze usw.

Auf Figur 2 ist im Schnitt X - X der Figur 1 ein Stapel von Zahnradblättern 1 dargestellt, der mittels Nieten 8 zusammengehalten wird und in der Gesamtheit ein Zahnrad hoher Belastbarkeit bildet. Die dazu gehörende Zahnradwelle 9 mit Paßfedern 10 und Bundcn 11 ist auf Figur 2 gestrichelt angedeutet.

Wie schon vorhin gesagt, ist das aus einer Vielzahl dünner Zahnradblätter 1 gebildete Zahnradpaket im Getriebe merkbar leiser als ein herkömmliches massives Zahnrad. Die Schalldämmung kommt, wie ebenfalls bereits gesagt, im Wesentlichen an den Anlageflächen der Zahnradblätter aneinander zustande. Um diese Schalldämmwirkung zu vergrößern, kann man zwischen den Zahnradblättern 1 aus Stahl identisch ausgebildete Kunststoffblätter 1' einbetten, die entweder aus Kunststoffplatten ausgestanzt oder im Spritzgußverfahren erstellt sind. Es ist kein großes Unglück, wenn die Profile der Kunststoffblätter nicht ganz so präzise verarbeitet sind wie die Profile der Stahlblätter, denn sie werden im Getriebe sehr schnell angepaßt. Jedoch muß darauf geachtet werden, daß die Stahl-Zahnradblätter 1 mindestens zweimal so dick sind wie die Kunststoffblätter 1'.

damit stets Metall auf Metall anliegt und die Stahlblätter nicht in die Kunststoffblätter hineinschneiden können (in nachfolgenden Ausführungsbeispielen ist diese Regel allerdings nicht zwingend).

Eine noch bessere Schalldämmung erreicht man mit der auf Figur 4 ebenfalls im Schnitt dargestellten Einrichtung, allerdings auf Kosten der Statik und Temperaturabhängigkeit. Hier sind die Nietbohrungen 5 der Zahnradblätter 1 durch größere Bohrungen (etwa wie die Ausnehmungen 6 auf Fig. 1) ersetzt und die axialen Verbindungen der Zahnradblätter untereinander durch eine Kunststoff-Einfüllung 12 (Umspritzung z.B. in Outsert-Technik) zustandegebracht. Im Zuge der Kunststoffeinfüllung 12 werden Haltekragen 13 aus Kunststoff ausgebildet, welche etwa die Funktion von Nietköpfen übernehmen.

Figur 5 zeigt eine Vorrichtung zum Vernieten der Zahnradpakete. In der Mitte der Vorrichtung steht ein der Zentralbohrung 4 der Zahnradblätter 1, 1'entsprechender Zentrierdorn 14, umgeben von einem Kranz von Nietdornen 15. Vor dem Aufstecken der Zahnradblätter 1, 1' auf den Zentrierdorn 14 und die Nietdorne 15 sind auf die Nietdorne Hohnieten 8 aufgesetzt, deren Nietköpfe von je einer Ausnehmung 16 in der Grundplatte 17 der Vorrichtung aufgenommen werden, vgl. den linken Nietdorn der Figur 5. Oben im Bild ist ein mehrköpfiger Preßlufthammer 18 gestrichelt angedeutet, dessen einzelne Hammerköpfe 19 entsprechend der Anordnung der Hohnieten 8 verteilt sind.

Das zu vernietende Zahnradpaket wird nun auf die Dorne 14, 15 aufgesteckt, der Preßlufthammer 18 auf das Zahnradpaket heruntergeführt und das Zahnradpaket vernietet.

Mittels einer im Prinzip gleichen Vorrichtung können die Zahnradblätter 1 eines Zahnradpakets miteinander punktverschweißt werden. Bei diesem Vorgang fallen die Nietdorne 14 und die Ausnehmungen 16 weg; die Zentrierung der Zahnradblätter wird von dem Zentrierdorn 14 und einem Zentrierblock 20 gewährleistet (der Zentrierblock 20 ist rechts auf den Figuren 5 und 6 gestrichelt angedeutet). Der gestrichelte Umriß 18 (vorher einen Preßlufthammer andeutend) stellt in dieser Version einen Elektroschweißkopf und die Umrisse 19 die dazugehörigen Elektroden dar.

Eine besonders interessante Ausführungsform der Erfindung ist auf den Figuren 7, 8 und 9 dargestellt. Die Effektivität zwischengelagerter Kunststoff-Zahnradblätter als Lärmdämpfer wächst naturgemäß mit deren Stärke. Verlaufen die Zahnradblätter aber in Ebenen parallel zueinander, besteht die Gefahr, daß die Stahlzahnradblätter 1 bei Axialverschiebungen in die Kunststoffzahnradblätter 1' hineinschneiden und die Eingriffsflächen aufreiben. Wie bereits vorhin gesagt, muß die Stärke der Stahlzahnradblätter daher normalerweise mindestens zweimal so groß sein wie diejenige der Kunststoffzahnradblätter 1'.

Diese Notwendigkeit kann dadurch umgangen werden, daß jedes einzelne Zahnradblatt 101, 101' kelchförmig ausgebildet ist, indem die Ebenen der Zähne einen spitzen Winkel mit der Ebene des übrigen Zahnradblattes bilden, vgl. Figur 7. Die Zähne zweier gegenläufig gestapelten Zahnradpakete werden nun derart ineinander eingreifen, daß die Zähne sich kreuzen, d.h. Stahlzähne werden ohne Rücksicht auf Axialverschiebungen stets auf Stahlzähnen aufliegen, vgl. Figuren 8 und 9.

Auf Figuren 10 bis 14 wird gezeigt, wie man mit den Mitteln der Erfindung den Lärmerzeugungsbereich (Zahneingriffsbereich) eines Zahnradgetriebes von dem Resonanzbereich (Zahnradwelle, Lager, Unterbau) soweit schalldämmtechnisch trennen kann, daß Metallelemente des Zahneingriffsbereichs keine Metallberührung mit dem Resonanzbereich aufweist. Dabei kann der Zahneingriffsbereich nach Wunsch ganz oder teilweise aus Metall bestehen.

Figur 10 zeigt in einer Draufsicht ein aus Stahlblech ausgestanztes Zahnradblatt 102, das in der Mitte eine un-
runde, etwa viereckähnliche Befestigungsausnehmung 21 und in einem Kreis um diese angeordnet sechs Nietbohrungen 5 aufweist.

Figur 11 stellt ein entsprechendes, jedoch im Spritzgießverfahren hergestelltes Zahnradblatt 102' aus Kunststoff dar, an dessen Flanken eine beiderseits herausragende Befestigungshülse 22 ausgebildet ist, deren Außenquerschnitt der gleiche ist wie der Innenquerschnitt der Befestigungsausnehmung 21 (Fig. 10). Die Befestigungshülse 22 besitzt eine durchgehende Ausnehmung 23, deren Querschnitt demjenigen der Ausnehmung 21 ähnelt, jedoch kleiner ist.

Auf Figur 12 sind ganz links zwei Stahlzahnradblätter 102 (Fig. 10) in einer Seitenansicht gezeigt. Mitte links folgt ein Kunststoffzahnrad 102' (Fig. 11), ebenfalls in einer Seitenansicht, danach eine Befestigungsbuchse 24 aus Stahl, deren Querschnitt in die Ausnehmung 23 der Befestigungshülse 22 hineinpaßt. Die Frontansicht der Befestigungsbuchse 24 ist auf Figur 13 dargestellt; die Befestigungsbuchse 24 weist eine dem

Querschnitt der Zahnradwelle 9 entsprechende Zentralbohrung 25 mit Paßfedernuten 7 auf.

Das Zahnradpaket Fig.14 wird wie folgt zusammengefügt: zuerst werden zwei Stahl-Zahnradblätter 102 (Fig.10) auf den Zentraldorn 14 sowie auf die Nietleitdorne 15 der Vorrichtung Figuren 5 und 6 aufgesteckt, dann folgt ein Kunststoff-Zahnradblatt 102' (Fig.11), danach vier weitere Stahl-Zahnradblätter 102, dann ein Kunststoff-Zahnradblatt 102' - u.s.w. Wenn lediglich an der einen Seite des Kunststoff-Zahnradblattes 102' eine Hülse 22 ausgebildet ist, kann die Sequenz Stahlzahnradblatt-Kunststoffzahnradblatt 1 zu 2 oder - bei entsprechend kürzerer Hülse 22 - 1 zu 1 betragen. Die Trennung der Metallelemente des Zahnradpakets von den Metallelementen der Welle und der Lagerung ist vollständig. Die Lärmdämmung an dem Getriebe ist optimal.

Die besondere Befestigungsbuchse 24 kann dann entfallen, wenn die Welle 9 ein für die Kraftübertragung geeignetes un rundes Querschnitt aufweist, was allerdings kostspielig ist und eine allgemeine Verwendung der lärmdämmenden Einrichtung ausschließt.

Die auf Figuren 10 bis 14 gezeigte Variante der Erfindung kann vorteilhaft mit der Ausführungsform Fig.4 kombiniert werden, wie aus den Figuren 15 bis 17 ersichtlich. Das Zahnradblatt 103 (Fig.15) ist aus Stahlblech ausgestanzt und weist eine unrunde, etwa viereckähnliche Zentralausnehmung 21 auf, die derjenigen des Zahnradblattes 102 (Fig.10) entspricht, ferner anstelle der Nietbohrungen 5 acht größere Ausnehmungen 27,27; die Ausnehmungen 26 sind größer als die Ausnehmungen 27, damit die längliche Gestalt der Zentralausnehmung 21 gewichtsmäßig ausgeglichen wird.

Fig.16 zeigt ein ringförmiges Kunststoff-Zahnradblatt 103'. Auf den Zentrierdorn 14 eines Spritzwerkzeugs Fig.18 und 19 wird erst ein Stahlblatt 103, dann ein Kunststoffring 103',

(Fig. 16), danach ein Stahl-Zahnradblatt 103 usw. bis zu der gewünschten Zahnradstärke wechselweise aufgesteckt. Die Zentrierung der Zahnradblätter 103, 103' erfolgt durch einen Gußformdorn 14 sowie durch drei Zentrierblöcke 20. Wie auf Figur 19 ersichtlich, befinden sich in der Grundplatte 28 des Spritzwerkzeugs tellerförmige Ausnehmungen 29,30, deren Querschnitt um einige mm größer sind als die zugeordneten Ausnehmungen 26,27 der Stahl-Zahnradblätter Figur 10. Von den tellerförmigen Ausnehmungen 29,30 führen Entlüftungsbohrungen 31 ins Freie.

Das über das Spritzwerkzeug Figur 18 gestrichelt angedeutete Werkzeugteil 32 enthält acht nach unten hin ausgerichtete matrizenähnliche, den tellerförmigen Ausnehmungen 29,30 der Grundplatte 28 entsprechende Ausnehmungen 33,34; mit den größeren Ausnehmungen 33 sind Extruderdüsen 35,36 über entsprechende Angußbohrungen verbunden.

Das auf Figur 17 gezeigte kunststoffumspritzte Zahnradpaket wird dadurch erstellt, daß der Extruderkopf 32 auf das Zahnradpaket aufgedrückt und glasfaserverstärkter Kunststoff (hochmolekulares Polyamid, Polyoxy-methylen o.ä.) in die Ausnehmungen 26,27 eingedrückt wird, bis alle Hohlräume ausgefüllt sind. Die ringförmigen Kunststoff-Zahnradblätter 103' dienen dabei als Abstandhalter und Abschlüsse nach außen hin. Das Ergebnis ist ein vollintegriertes Stahl-Kunststoff-zahnrad, dessen Stahlanteil beliebig ansetzbar ist, und bei dem der Lärmerzeugungsbereich keine metallische Verbindung zum Resonanzbereich aufweist. Trotzdem weist das Zahnrad bei mäßigen Temperaturen (bis etwa 120°) eine

einem vergleichbaren Massivzahnrad gleichwertige Statik auf.

Die auf den Figuren 5, 6, 18 und 19 dargestellten Vorrichtungen zum Zusammenbau der Zahnradpakete sind rein schematisch und gehören nicht zur Erfindung. Sie sind lediglich deswegen beschrieben worden, um die Einfachheit des Aufbaues eines erfindungsgemäßen Zahnrad und die Möglichkeit einer kostengünstigen automatischen Serienfertigung zu demonstrieren. Sie zeigen eindeutig die wirtschaftlichen Vorteile der Erfindung, insbesondere bei der Erstellung von lärmarmen Zahnradern.

Ein nach der Lehre der Erfindung erstelltes Zahnrad kann nicht nur die schwierigsten Zahnflankenkonturen, sondern auch komplizierte Zahnradformen (Schrägverzahnungen, Pfeilverzahnungen, Schraubenverzahnungen, Kegelverzahnungen usw.) aufweisen. Die Herstellungsweise bleibt dabei dieselbe. Figuren 20, 21 und 22 zeigen als Beispiel ein Schrägzahnrad, das aus Zahnradblättern 1 (Figur 1) zusammengesetzt ist, indem die kreisförmig um die Zentralbohrung 4 angeordneten Nietbohrungen 5 von Zahnradblatt zu Zahnradblatt um ein kurzes Stück auf den von ihren Mittelpunkten gebildeten Kreis verschoben sind. Aufgesteckt auf Zentrierdorn 14 und Nietdorne 15 der Vorrichtung Figur 5 und 6 bilden diese Zahnradblätter ganz von selbst das Schrägzahnrad Figur 20. Figur 21 stellt eine Abwicklung des Zahnradumfanges dar. Wenn das Zahnradpaket Figur 20 aus dünnen Zahnradblättern zusammengesetzt ist, braucht man die von den Zähnen gebildeten Zickzackstruktur nicht zu ändern; im Übrigen kann man bei dünnen Blechen auch Flankenschrägen bis etwa 30° präzise schneiden, wobei ein

gleichzeitiger Schrägschnitt der Ausnehmungen 4,5 für die Genauigkeit ohne Belang ist. Ergeben sich keine Axialverschiebungen im Getriebe, spielen die Zickzackkonturen auch bei stärkeren Zahnradblättern keine Rolle.

Auf Figur 22 ist ein Ausschnitt eines Zahnradumfanges gezeigt, auf welchem zwischen stärkeren Zahnradblättern 1 aus Stahl dünnere Kunststoff-Zahnradblätter 1' alternierend zwischengeschaltet sind. In dieser Weise ist es möglich, auch bei Axialverschiebungen im Getriebe ein sicheres Eingreifen der Zähne ineinander zu gewährleisten, ohne daß die Zähne schräg ausgestanzt oder nachträglich abgeschliffen werden müßten.

Bei komplizierteren Zahnradformen, wie z.B. bei Schraubenzahnradern, ist es empfehlenswert, die Zahnradblätter aus dünnem Blech herauszustanzen und an den Außenseiten des Zahnradpakets je ein Zahnradblatt aus dickem Blech anzubringen. In dieser Weise können die an den Zahnflanken entstehenden Stufen bei gleichbleibender Statik beliebig klein gehalten werden. Sollen diese Stufen etwa aus Präzisionsgründen abgeschliffen und ausgeglichen werden, erfolgt das in einfacher Weise an einer dazu gerichteten Verzahnungsmaschine.

Es ist selbstverständlich denkbar, ein fertig vernietetes oder verschweißtes Paket von Blechblättern, zwischen welchen Kunststofffolien oder Kunststoffblätter eingeordnet sind, als Einheit in herkömmlicher Weise an einer Verzahnungsmaschine mit Zahnprofilen zu versehen, um ein lärmarmes Zahnrad zu erstellen. Da die Blätter eines

solchen Pakets vorher schon ausgestanzt werden müssen, wird man logischerweise auch die Ausnehmungen (Zentralbohrung und Nietbohrungen) sowie - schon aus Kostengründen - die Zahnprofile im Stanzverfahren roh fertigen, die dann an der Verzahnungsmaschine lediglich nachgearbeitet werden müssen. Ein solches Verfahren wird jedoch nur dann interessant sein, wenn man kleine Serien herstellen will und die Kosten für Präzisionsstanzwerkzeuge scheut.

Ob nun die Zahnprofile vorher schon roh ausgestanzt sind oder nicht, ist es bei der Verwendung von Verzahnungsmaschinen u.ä. spanabhebenden Werkzeugen an Zahnradpaketen unerlässlich, das Zahnradpaket zwischen starken Haltescheiben einzuspannen, damit die äußeren Zahnradblätter nicht im Zuge der spanabhebenden Bearbeitung ausfransen.

10 Ansprüche

3026685

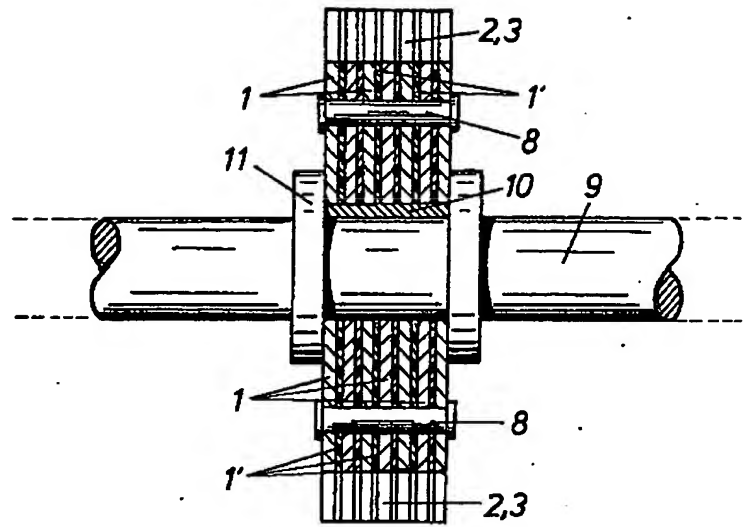


Fig.3

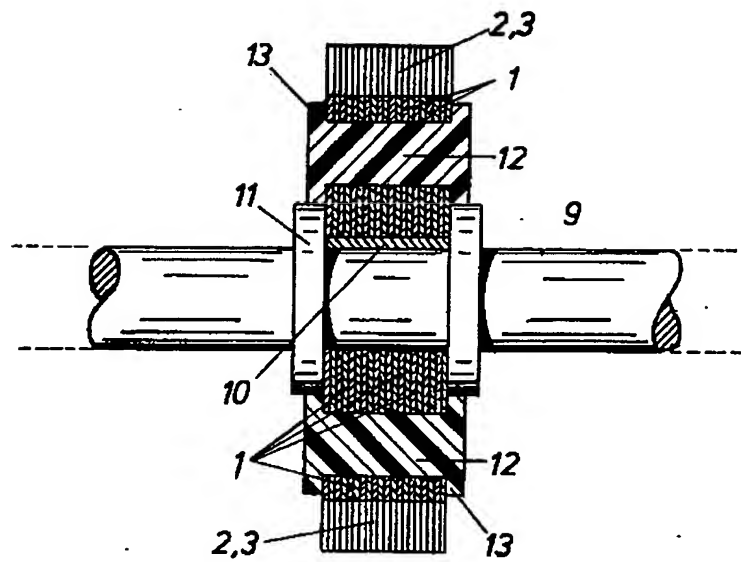


Fig.4

3026685

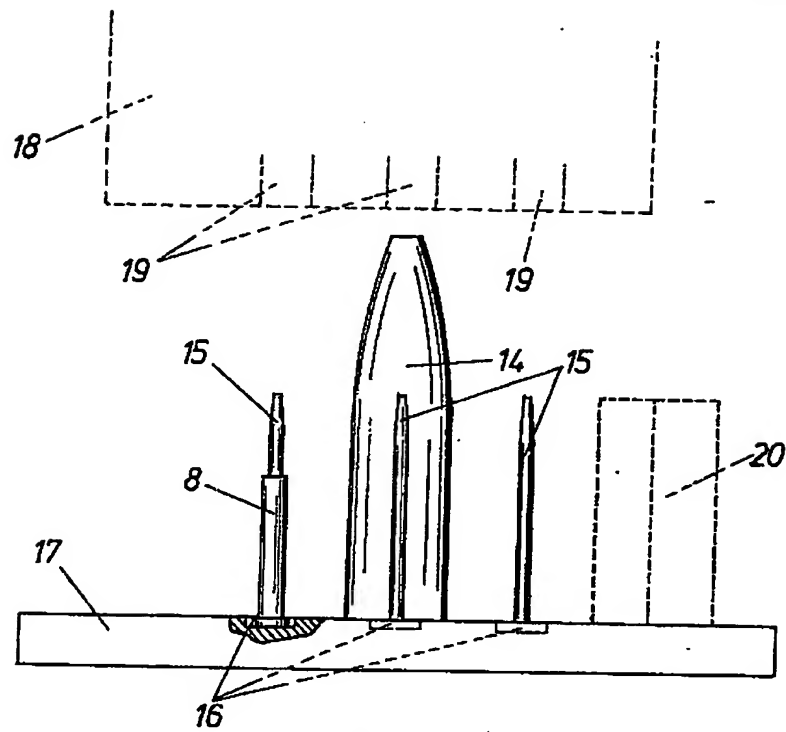


Fig. 5

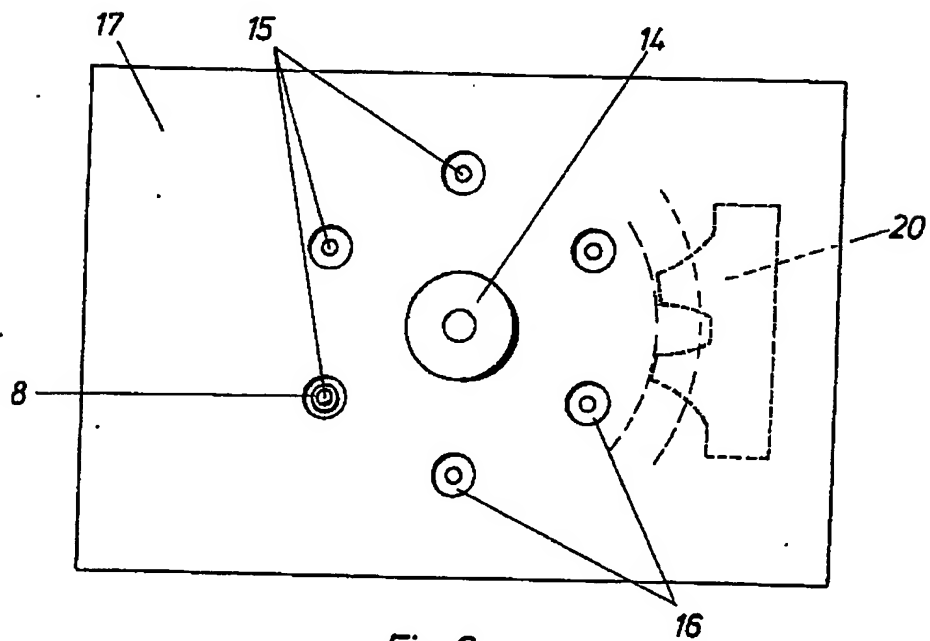


Fig. 6

130066/0152

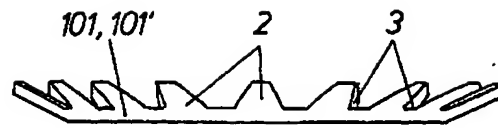


Fig. 7

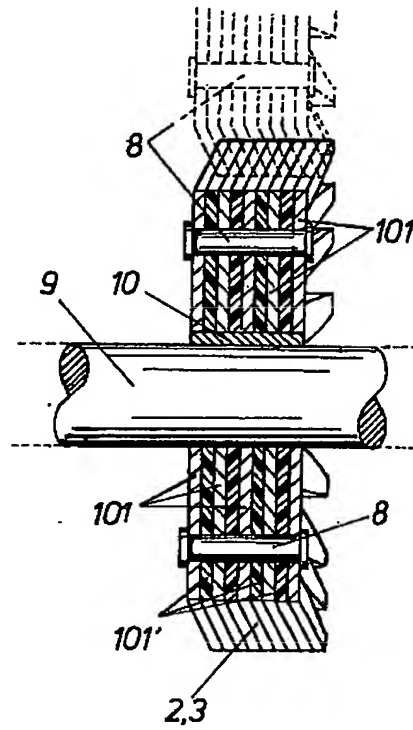


Fig. 8

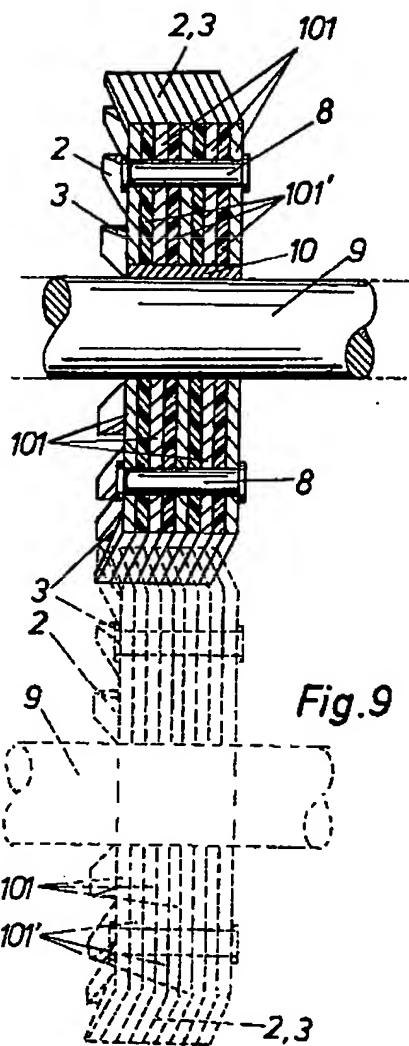


Fig. 9

3026685

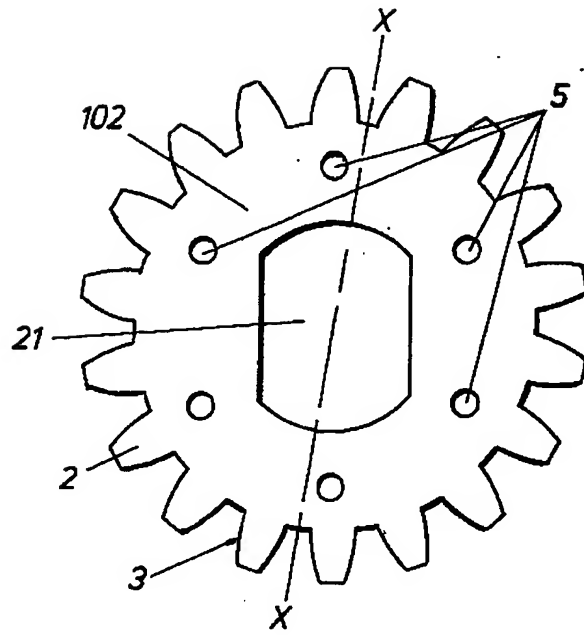


Fig. 10

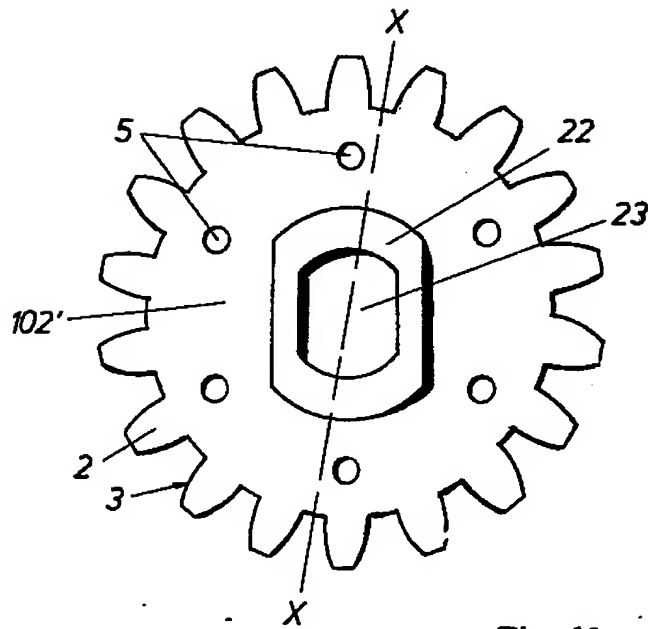


Fig. 11

3026685

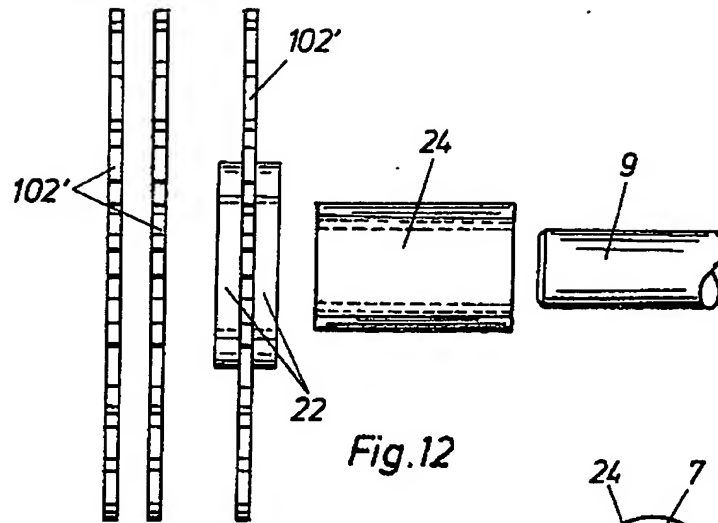


Fig. 12

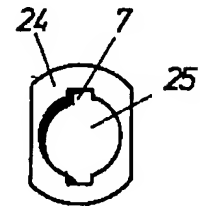


Fig. 13

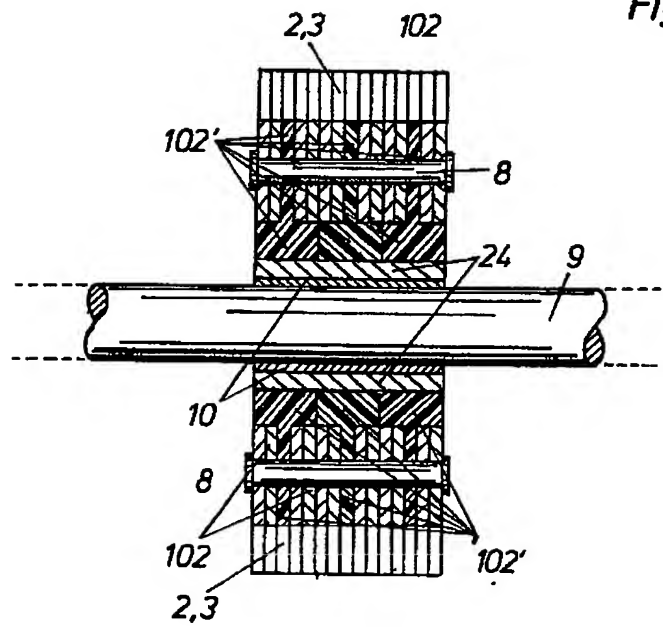


Fig. 14

130066/0152

3026685

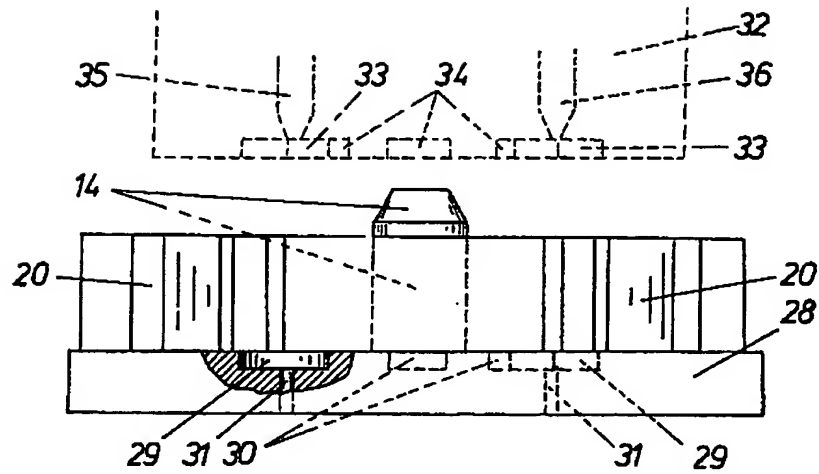


Fig. 18

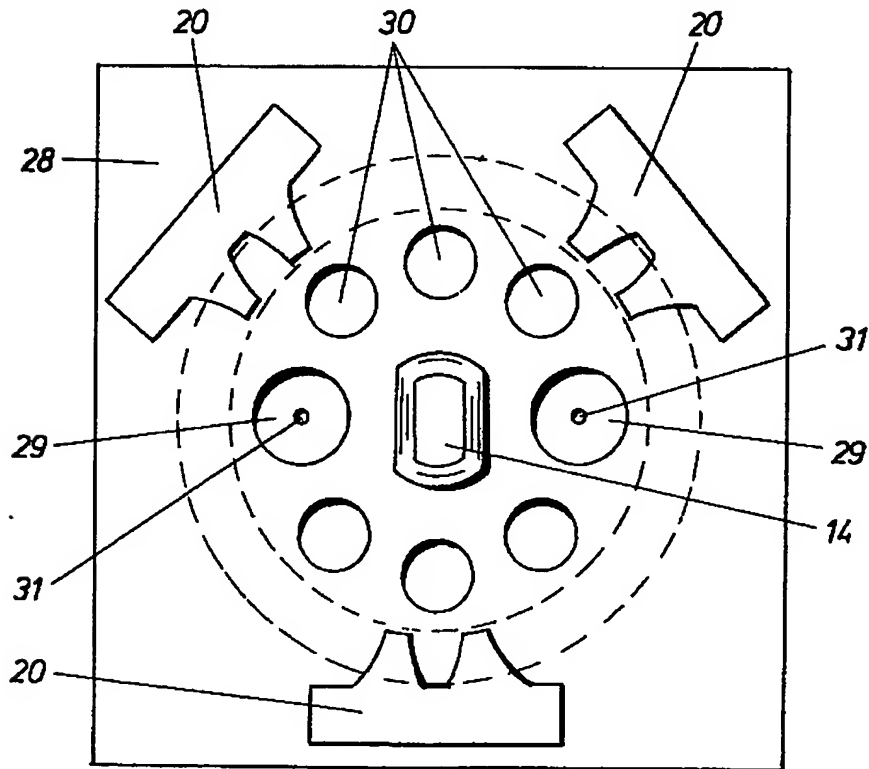


Fig. 19

130066/0152

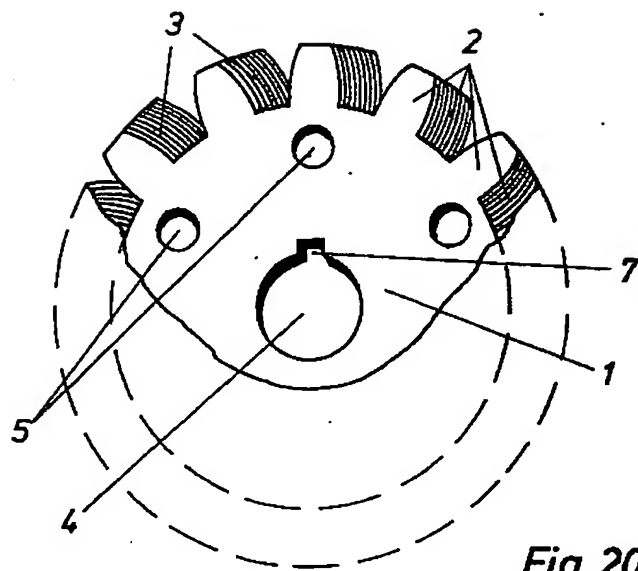


Fig. 20

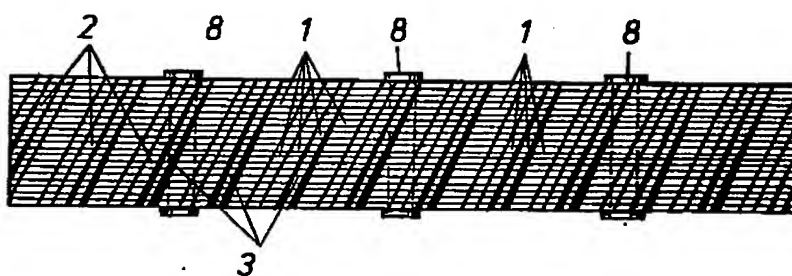


Fig. 21

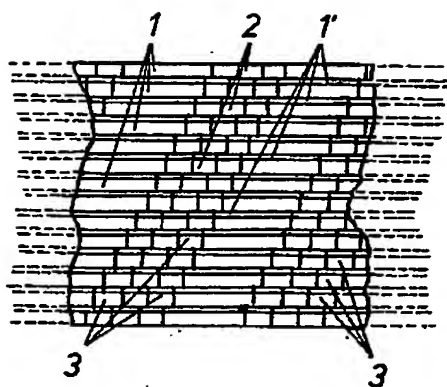


Fig. 22

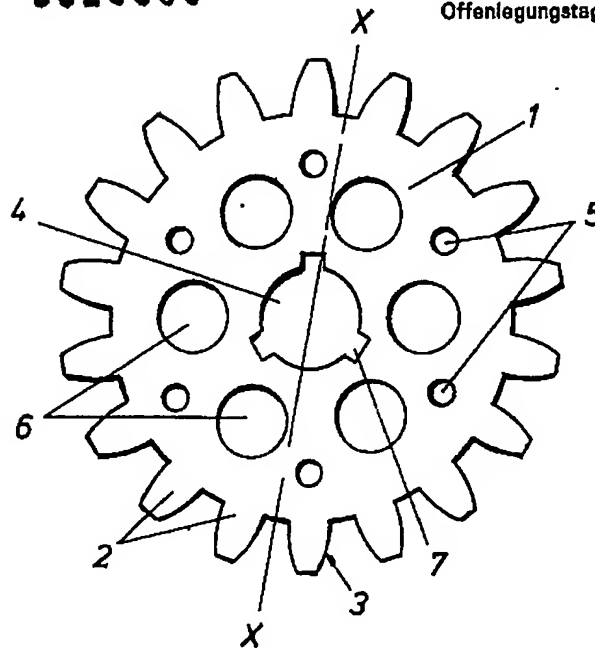


Fig. 1

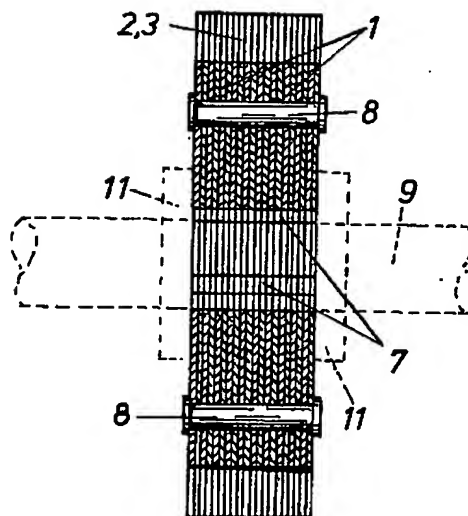


Fig.2